

09/87254

EP 99/07244

REC'D 17 NOV 1999

WIPO PCT

PRIORITY DOCUMENT
 SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
 COMPLIANCE WITH
 RULE 17.1(a) OR (b)



Bescheinigung

Die Henkel-Kommanditgesellschaft auf Aktien in Düsseldorf/Deutschland hat eine Patentanmeldung unter der Bezeichnung

"Verfahren zur Kontrolle einer flächigen oder räumlichen Verteilung"

am 9. Oktober 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig die Symbole G 06 T und G 06 N der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 16. Juni 1999

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Aktenzeichen: 198 46 530.0

Henkel KGaA
Dr. Endres / KK
08.10.1998

P a t e n t a n m e l d u n g

H 3463

"Verfahren zur Kontrolle einer flächigen oder räumlichen Verteilung"

Die Erfindung beschreibt ein Verfahren, mit dem die Verteilung von Strukturen auf einer Oberfläche oder von Partikeln im Raum automatisch kontrolliert werden kann. Bei Abweichungen vom Sollzustand können automatisch Warnmeldungen lokal oder an einem entfernten Ort ausgegeben und/oder Korrekturmaßnahmen eingeleitet werden. Das Verfahren ist beispielsweise geeignet, um den Erfolg einer Reinigung, einer chemischen Umwandlung und/oder einer Beschichtung von Oberflächen wie beispielsweise Metall- oder Kunststoffoberflächen automatisch zu kontrollieren, ohne daß es hierzu eines menschlichen Eingreifens bedarf. Ein Einsatzgebiet ist beispielsweise die Kontrolle von Oberflächenumwandlungen bzw. -beschichtungen in der Stahlindustrie und im Fahrzeugbau. Weiterhin ist das Verfahren beispielsweise geeignet, die räumliche Verteilung von Partikeln in einem Sprühstrahl zu kontrollieren. Dabei kann einerseits der Öffnungswinkel des Sprühstrahls und andererseits die Homogenität der Partikelverteilung im Sprühstrahl automatisch kontrolliert werden. Einsatzgebiete hierfür sind einerseits die Sprühtrocknung bzw. Sprüherstarrung von Lösungen, Suspensionen oder Schmelzen mit dem Ziel, die Raum-Zeit-Ausbeute dieser Prozesse optimal zu halten. Dient der Sprühstrahl jedoch dazu, eine Oberfläche möglichst gleichmäßig zu beschichten, kann das Verfahren dazu dienen, den Beschichtungsvorgang im Sollbereich zu halten.

Im Stand der Technik ist es bekannt, Bilder einer Oberfläche in digitalisierter Form auf einem Datenträger abzuspeichern und einer automatischen Bildanalyse nach unterschiedlichen Gesichtspunkten zu unterziehen. Beispielsweise beschreibt die US-A-4 878 114 ein prozessorbasiertes optisches System, um die Rauigkeit einer planaren Oberfläche eines Produkts zu beurteilen. Dieses System umfaßt eine justierbare Lichtquelle zum Ausleuchten der Oberfläche, eine Videokamera und eine Einrichtung, um den Ausgang des Videosignals in digitalisierter Form zu speichern und einen Prozessor zur Analyse dieser digitalisierten Signale in der Art, daß ein Parameter ermittelt wird, der die Rauigkeit der Oberfläche wiedergibt. Als Ergebnis der Bildanalyse wird eine einzige Zahl erzeugt, die die Rauigkeit des analysierten Oberflächenausschnitts charakterisiert. Dieses Ergebnis der Analyse enthält keine Aussage darüber, ob auf der untersuchten Oberfläche und an welcher Stelle besonders große Abweichungen von der mittleren Rauigkeit auftreten.

Die EP-B-255 177 lehrt ein Verfahren zum automatischen Erkennen eines kontrastierenden Gegenstandes in einem in digitaler Form abgespeicherten Videobild. Hierzu werden Schwellwerte oberhalb der Hintergrundwerte definiert, oberhalb derer ein Bildelement als zu einem kontrastierenden Gegenstand gehörend angesehen werden. Das Verfahren ist demnach darauf eingerichtet, ein Muster in einem Videobild zu erkennen. Es ist nicht dafür geeignet, das Auftreten sowie die räumliche Verteilung von Störungen in einem ansonsten weitgehend gleichförmigen Videobild zu analysieren, wenn diese Störungen kein zusammenhängendes Objekt beschreiben.

Die EP-B-428 751 stellt eine Meßmethode bereit, um die Qualität von Papier zu beurteilen. Hierbei werden Schwankungen der Lichtdurchlässigkeit des Papiers beurteilt. Es handelt sich um ein Verfahren zum Messen von Texturen, umfassend das Aufnehmen eines Bildes aus durchgelassenem Licht einer Lichtquelle auf einem Papierbereich durch eine Kamera, um das Bild des durchgelassenen Lichtes auf einer Anzeigeeinheit eines bildverarbeitenden Rechnelementes anzuzeigen, das

Aufteilen des Bildes des durchgelassenen Lichtes auf der Anzeigeeinheit in eine vorbestimmte Größe und Anzahl von Fenstern, gekennzeichnet durch das Berechnen eines Durchschnittswertes der Intensität und einer primären Varianz der Intensität jedes Fensters aus der Intensität jedes der Bildpunkte in jedem der Fenster, das Berechnen eines Durchschnittswertes der primären Varianz für alle Fenster und einer sekundären Varianz dieser ersten Varianz für alle Fenster und Verwendung der sekundären Varianz für alle Fenster als Texturfaktor. Dieses Verfahren liefert demnach eine einzige Kennzahl, die die Gleichmäßigkeit des durchgelassenen Lichtes und damit die Homogenität der Papierstruktur beschreibt. Dieses Verfahren erkennt keine einzelnen Störstellen und deren Lage auf der Papierfläche.

Die EP-B-159 880 betrifft eine Vorrichtung zum Beurteilen der Dichte und der Gleichmäßigkeit eines auf einen Artikel aufgedruckten Musters wie beispielsweise Buchstaben. Die Vorrichtung ist gekennzeichnet durch Mittel zum Berechnen der Dichteverteilung einer Vielzahl von Bilddaten in jedem von einer Vielzahl von Segmenten des Musters durch Abtasten der Dichte jedes Pixels der Bilddaten; ein Mittel zum Prüfen der Dichteverteilung innerhalb jedes Segments und bei jenen Segmenten, in denen die Dichteverteilung einer vorbestimmten Funktion genügt, zum Normieren der Dichteverteilung in jedem solchen Segment durch die Dividieren jedes Wertes der Dichteverteilung durch einen Wert, der die Gesamtdichte in dem genannten Segment darstellt; und ein Mittel zum Quantifizieren der Dichte und Gleichmäßigkeit der Muster auf der Grundlage der Dichteverteilungen, die durch die bestimmenden und normierenden Mittel normiert sind, bei der die Gleichmäßigkeit als Grad der Veränderung einer normierten Dichte innerhalb der Muster definiert ist. Dieses Verfahren ist nicht darauf eingerichtet, das Vorkommen und den Ort lokaler Störungen in dem Muster zu identifizieren.

Es gibt eine Vielzahl technischer Vorgänge, bei denen die Qualität des Ergebnisses dadurch gekennzeichnet ist, daß eine Oberfläche nach diesem technischen Prozeß

ein möglichst gleichförmiges Aussehen hat oder bei denen ein Raumausschnitt möglichst gleichmäßig mit Partikeln gefüllt ist. Ein Beispiel hierfür ist die Reinigung und/oder Hydrophilierung von Metall- oder Kunststoffoberflächen. Als Ergebnis dieses Bearbeitungsschrittes sollen die Oberflächen möglichst gleichförmig von einem Wasserfilm bedeckt sein. Eine Tropfenbildung, die sich in einem Bild der Oberfläche als Störung der Gleichmäßigkeit zeigt, deutet ein mangelhaftes Reinigungs- bzw. Hydrophilierungsergebnis an.

Eine weitere Gruppe technischer Prozesse wie beispielsweise eine Phosphatierung hat eine chemische Umwandlung einer Metalloberfläche zum Ziel, um diese Oberfläche beispielsweise vor Korrosion zu schützen. Störungen dieser Prozesse machen sich als Störstellen in der ansonsten gleichmäßigen Beschichtung der Oberfläche bemerkbar. Auf einem Bild der Oberfläche zeigen sich diese Störstellen durch eine Abweichung ihrer Helligkeit von der durchschnittlichen Helligkeit der Oberfläche. Ähnliches gilt bei einer Beschichtung von Oberflächen mit korrosionsschützenden Überzügen wie beispielsweise Lacken. Störungen in der gleichmäßigen Lackschicht wie beispielsweise Blasen oder Krater machen sich ebenfalls als Stellen bemerkbar, deren Helligkeitswert von der durchschnittlichen Helligkeit der Oberfläche stark abweicht.

Bei anderen technischen Prozessen, bei denen flüssige oder feste Partikel durch eine oder mehrere Düsen im Raum versprüht werden, kommt es auf die Bestimmung des Öffnungswinkels des Sprühstrahls an der Düse sowie auf die gleichmäßige räumliche Verteilung der Partikel im Sprühstrahl an. Beispielsweise zeigt sich die Verstopfung einzelnen Düsen eines Düsenkopfes dadurch, daß vor der einzelnen verstopften Düse der Raum weniger dicht mit Partikeln gefüllt ist als vor den korrekt arbeitenden Düsen. Soll das Versprühen dazu dienen, Produkt durch Sprühtrocknung oder Sprüherstarrung zu gewinnen, führen verstopfte Düsen zu einer verringerten Raum-Zeit-Ausbeute. Dient das Versprühen jedoch dazu, die Partikel möglichst gleichmäßig auf einer Oberfläche aufzutragen, führen verstopfte

Düsen zu einer ungleichmäßigen Oberflächenbeschichtung. Beim Beschichten von Oberflächen durch Aufsprühen flüssiger oder fester Partikel kann es für die Wirtschaftlichkeit und das Ergebnis des Beschichtungsvorganges von Bedeutung sein, daß der Sprühstrahl einen bestimmten Öffnungswinkel aufweist.

Die Gleichmäßigkeit einer Oberfläche bei Oberflächenbehandlungsvorgängen oder die gleichförmige Verteilung der Partikel in einem Sprühstrahl bzw. dessen Öffnungswinkel werden in der Regel durch die visuelle Beurteilung der Oberfläche bzw. des Sprühstrahls direkt bzw. von fotografischen Aufnahmen hiervon beurteilt. Hierzu ist zum einen menschliches Eingreifen erforderlich. Zum anderen kann die visuelle Beurteilung nur zu definierten Zeitpunkten erfolgen, wenn nicht Arbeitskraft dadurch gebunden werden soll, daß Personal ausschließlich dafür eingesetzt wird, das Produktionsergebnis kontinuierlich visuell zu überwachen. Erfolgt die Kontrolle, wie in der Regel üblich, nur zu bestimmten Zeitpunkten, besteht die Gefahr, daß zwischen zwei Kontrollzeitpunkten fehlerhafte Ware produziert wurde.

Die Erfindung stellt sich die Aufgabe, Arbeits- bzw. Herstellverfahren automatisiert kontinuierlich zu überwachen, bei denen sich die Qualität des Ergebnisses entweder als eine gleichförmig aussehende Oberfläche oder als eine gleichmäßige Raumerfüllung mit Partikeln anzeigt, und bei Störungen Warnmeldungen auszugeben und/oder die Ursachen der Störungen zu analysieren und möglichst zu beseitigen.

Die Erfindung betrifft demnach ein Verfahren zur Kontrolle der Verteilung von Strukturen auf einer Oberfläche oder von Partikeln im Raum, dadurch gekennzeichnet, daß man

a) mindestens ein zweidimensionales Bild der Verteilung auf optischem oder elektronischem Wege erzeugt, in Bildpunkte zerlegt und den Helligkeitswert jedes Bildpunktes in digitalisierter Form auf einem Datenträger abspeichert,

- b) das Bild oder einen Bildausschnitt hiervon in eine vorgewählte Anzahl von in Reihen angeordneten Bildelementen aufteilt, wobei jedes Bildelement mindestens vier Bildpunkte umfaßt
- c) den mittleren Helligkeitswert jedes Bildelements durch Mittelung der Helligkeitswerte der einzelnen Bildpunkte dieses Bildelements bestimmt,
- d) entlang einer ersten vorgegebenen Reihe von Bildelementen die Differenz zwischen den mittleren Helligkeitswerten benachbarter Bildelemente bestimmt und derart maschinenlesbar auf einem Datenträger aufzeichnet und/oder als Diagramm ausgibt, daß eine örtliche Korrelation der Differenzwerte zu der Lage der zugehörigen Bildelemente auf dem Bild erhalten wird, und erwünschtenfalls
- e) den Schritt d) mit einer vorgewählten Anzahl weiterer Reihen von Bildelementen wiederholt, die im wesentlichen parallel zu der ersten vorgegebenen Reihe verlaufen.

Dabei bedeutet die Formulierung im Teilschritt a) „mindestens ein zweidimensionales Bild“, daß man ein Bild oder mehrere Bilder der Verteilung aufnimmt. Für die Beurteilung einer im wesentlichen ebenen Oberfläche genügt in der Regel ein Bild. Für die Beurteilung einer räumlichen Verteilung oder einer stark gekrümmten Oberfläche kann es jedoch vorteilhaft sein, mehrere Bilder aufzunehmen, deren Bildebenen vorgegebene Winkel miteinander bilden. Hierdurch kann die Oberfläche bzw. die räumliche Verteilung aus unterschiedlichen Blickrichtungen beurteilt werden. Vorzugsweise setzt man für die Erzeugung des Bildes eine Videokamera ein. Dabei ist der Bildausschnitt durch die Brennweite der Videokamera und/oder durch den Abstand der Kamera von dem zu beurteilenden Gegenstand einstellbar. Sind sehr kleine Ausschnitte eines Gegenstandes zu beurteilen wie es beispielsweise zur Kontrolle der Konversionsbehandlung von Metalloberflächen erforderlich sein kann, kann die Videokamera mit einer Mikroskopeinrichtung versehen werden. Selbstverständlich setzt dieses Verfahren voraus, daß die abzubildende Oberfläche bzw. der aufzunehmende räumliche Bereich hinreichend gut ausgeleuchtet ist. Beispielsweise kann für die Aufnahme und die Abspeicherung der Bildinformation

in digitalisierter Form eine Vorrichtung eingesetzt werden, wie sie in der US-A-4 878 114 beschrieben ist.

Im Teilschritt b) wird das Bild oder ein vorgewählter Bildausschnitt hiervon in eine ebenfalls vorgewählte Anzahl von in Reihen angeordneten Bildelementen zerlegt. Dabei ist die maximale Anzahl der Bildelemente durch die Auflösung der verwendeten Kamera bedingt. Im folgenden wird als Bildpunkt (Pixel) der durch die Auflösung bedingte kleinstmögliche Bildausschnitt bezeichnet, dem ein Helligkeitswert (Grauwert) zugeordnet werden kann. Das Bild kann also maximal in so viele Bildelemente zerlegt werden, wie ihm Bildpunkte (Pixel) zugeordnet sind. In dem erfindungsgemäßen Verfahren werden jedoch vorteilhafterweise Bildelemente gewählt, die mehrere Bildpunkte umfassen. Für jedes Bildelement wird der mittlere Helligkeitswert (Grauwert) dadurch bestimmt, daß die Helligkeitswerte der einzelnen Bildpunkte addiert werden und die Summe der Helligkeitswerte durch die Anzahl der Bildpunkte dividiert wird. Durch dieses rechnerische Zusammenfassen mehrerer Bildpunkte zu einem Bildelement wird das Hintergrundrauschen durch Mittelwertbildung vermindert. Vorteilhafterweise wählt man ein Bildelement mindestens so groß, daß es mindestens 4 Bildpunkte umfaßt, die vorzugsweise paarweise nebeneinander angeordnet sind. Je nach Fragestellung kann ein Bildelement jedoch auch wesentlich mehr Bildpunkte umfassen.

Um im nachfolgenden Teilschritt d) eine sinnvolle Aussage zu erhalten, ist es erforderlich, daß jede Reihe von Bildelementen mindestens 2 dieser Bildelemente enthält. Vorteilhafterweise wählt man die Anzahl der Bildelemente pro Reihe jedoch wesentlich größer, beispielsweise im Bereich von etwa 10 bis etwa 200 Bildelemente, insbesondere etwa 15 bis etwa 100 Bildelemente pro Reihe. Für die Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens genügt es prinzipiell, mit einer einzigen Reihe von Bildelementen zu arbeiten. Zuverlässigere Aussagen erhält man jedoch, wenn man das Bild oder den Bildausschnitt in mehrere Reihen zerlegt, da man hierdurch einen größeren Ausschnitt aus der Oberfläche bzw. aus dem

Raubereich in die Analyse einbeziehen kann. Vorteilhafterweise zerlegt man das Bild bzw. den Bildausschnitt in so viele Reihen von Bildelementen, wie jede Reihe Bildelemente aufweist. Das bedeutet, daß man das Bild bzw. den Bildausschnitt in etwa 10 bis etwa 200, insbesondere in etwa 15 bis etwa 100 Reihen zerlegt.

Je größer man die Bildelemente wählt, d. h. je mehr Bildpunkte sie umfassen, desto besser wird das Hintergrundrauschen ausgemittelt. Jedoch sollte man vermeiden, die Bildelemente größer zu wählen als es der Größe der erwarteten Fehlstellen entspricht. Ist das Bildelement größer als eine Fehlstelle, besteht die Gefahr, daß die Fehlstelle nicht erkannt wird. Mit Zahl und Größe der Bildelemente korreliert der Flächen- bzw. Raumausschnitt, den man als Bild aufnimmt. In der Regel wird man vorteilhafterweise eine Fläche bzw. einen Raumausschnitt abbilden, die bzw. der eine Seitenlänge zwischen etwa 1 mm und etwa 5 m hat. Durch einen entsprechenden Abstand der Kamera vom Objekt, durch die Brennweite des Objektivs und ggf. durch Verwendung einer Mikroskopeinrichtung kann der jeweilige Bildausschnitt eingestellt werden. Setzt man das Verfahren beispielsweise zur Beurteilung des Ergebnisses einer chemischen Oberflächenbehandlung ein, kann es sinnvoll sein, einen Oberflächenausschnitt im Bereich von 10 x 10 cm aufzunehmen und abzubilden. Für die Beurteilung einer Lackierung auf einer Oberfläche oder der Gleichförmigkeit eines Sprühstrahls können Bildausschnitte im Bereich von 30 x 30 cm besonders günstig sein.

Im Teilschritt c) bestimmt man den mittleren Helligkeitswert (Grauwert) jedes Bildelements dadurch, daß man die Helligkeitswerte der einzelnen Bildpunkte des Bildelements addiert und die erhaltene Summe durch die Anzahl der Bildpunkte dividiert. Hierdurch wird das Hintergrundrauschen verringert. Sollte dies nicht ausreichen, können vor oder nach der Mittelwertbildung rechnerische Filterprozesse wie z. B. Gaussfilter oder Fourier-Filter angewendet werden. Eine Gauss-Filterung wird beispielsweise auch in der eingangs zitierten EP-B-255 177 vorgenommen. Im

Rahmen des erfindungsgemäßen Verfahrens sind derartige Filterprozesse jedoch nur in Ausnahmefällen erforderlich.

Im Teilschritt d) erzeugt man nun das eigentliche Kriterium zum Beurteilen der Gleichförmigkeit bzw. zum Erkennen von Unregelmäßigkeiten. Weiterhin läßt sich aus den Ergebnissen des Teilschritts d) der Öffnungswinkel eines Sprühstrahls bestimmen, wie weiter unten näher erläutert wird. Dabei ist es erfindungswesentlich, die Differenzwerte zwischen den Helligkeitswerten benachbarter Bildelemente so aufzuzeichnen bzw. auszugeben, daß erkannt werden kann, welche Stelle auf der abgebildeten Oberfläche bzw. im abgebildeten Raumausschnitt einem besonders großen Differenzwert zwischen den Helligkeitswerten benachbarter Bildelemente entspricht. Störungen in der Gleichförmigkeit zeigen sich durch besonders hohe Differenzwerte der Helligkeiten benachbarter Bildelemente an. Handelt es sich hierbei um „punktförmige“ Störungen wie z. B. -Blasen oder Krater in einer Lackschicht oder sogenannte Stippen (helle kraterförmige Fehlstellen) in einer kristallinen Phosphatierschicht, können so das Auftreten, die Anzahl und die räumliche Verteilung dieser Störungen erkannt werden. Linien- oder flächenförmige Störungen wie beispielsweise unbeschichtete oder andersartig beschichtete Stellen auf der Oberfläche sind dadurch identifizierbar, daß in jeder Reihe von Bildelementen der Rand der gestörten Fläche als besonders starke Differenz der Helligkeitswerte benachbarter Bildelemente angezeigt wird. Eine Störungslinie erkennt man dann dadurch, daß die Stellen besonders starker Differenzwerte auf den einzelnen Reihen der Bildelemente eine zusammenhängende Linie bilden. Eine flächige Störung, die kleiner ist als der gewählte Bildausschnitt, wird dadurch erkannt, daß in jeder Reihe von Bildelementen in der Regel 2 besonders starke Differenzwerte der Helligkeitswerte benachbarter Bildelemente festgestellt werden, die jeweils den Anfang und das Ende der gestörten Fläche bezeichnen. In einer diagrammartigen zweidimensionalen Darstellung der Differenzen der Helligkeitswerte benachbarter Bildelemente umschreiben die besonders herausragenden Differenzwerte die Fläche der Störung.

Selbstverständlich muß hierfür vorgegeben werden, welche Differenz von Helligkeitswerten benachbarter Bildelemente noch als Rauschen akzeptiert und ab welchem Schwellenwert die Differenz als eine Störung charakterisiert wird.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren spielt die Grundhelligkeit des Bildes, die beispielsweise von der Beleuchtungsstärke abhängt, keine Rolle, da bei der Bestimmung der Differenzen der Helligkeitswerte benachbarter Bildelemente die absolute Helligkeit verschwindet. Vorteilhaft ist es jedoch auf jeden Fall, für eine möglichst gleichmäßige Beleuchtung der abzubildenden Oberfläche bzw. des abzubildenden Raumausschnitts zu sorgen. Hierfür können beispielsweise eine oder mehrere Lichtquellen verwendet werden, deren Lichtkegel möglichst parallel zur Aufnahmerichtung verläuft. Hierdurch wird eine Schattenbildung minimiert. Insbesondere verwendet man vorzugsweise 2 bis 4 Lichtquellen, die um die zur Aufnahme verwendete Kamera herum angeordnet sind. Die Überlagerung der einzelnen Lichtkegel führt zu einer besonders gleichmäßigen Beleuchtung der Oberfläche bzw. des Raumausschnitts. Ist eine derartige vorteilhafte Anordnung der Lichtquellen jedoch nicht möglich, kann eine ungleichmäßige Ausleuchtung der aufzunehmenden Fläche bzw. des aufzunehmenden Raumausschnitts rechnerisch durch eine sogenannte „Beleuchtungskorrektur“ korrigiert werden. Hierbei geht man so vor, daß man vor der Bestimmung der Differenz zwischen den mittleren Helligkeitswerten benachbarter Bildelemente entweder von den Helligkeitswerten jedes einzelnen Bildpunkts vor Bestimmung der mittleren Helligkeitswerte der Bildelemente oder von den mittleren Helligkeitswerten der einzelnen Bildelemente einen vorgewählten Korrekturwert subtrahiert oder zu diesen Helligkeitswerten einen vorgewählten Korrekturwert addiert, wobei die zu den einzelnen Bildpunkten oder Bildelementen gehörenden Korrekturwerte eine Fläche über dem Bild oder Bildausschnitt beschreiben. Dabei können die Korrekturwerte bzw. die Fläche, auf der diese Werte liegen, entweder aus im wesentlichen allen Bildpunkten bzw. Bildelementen oder aus einer statistisch relevanten Auswahl hiervon bestimmt

werden. Diese Korrekturwerte bzw. die Fläche, auf der sie liegen, kann beispielsweise nach der Methode der minimalen quadratischen Abweichung der einzelnen beobachteten Helligkeitswerte von einer Ausgleichsebene, die dann die Fläche der Korrekturwerte darstellt, bestimmt werden. Hierdurch kann der Effekt rechnerisch ausgeglichen werden, das bei einer schrägen Beleuchtung ein Teil des Bildes systematisch dunkler erscheint als ein anderer.

Um nicht nur einen linienförmigen Ausschnitt des aufgenommenen Bildes zur Identifizierung von Störungen heranzuziehen, sondern hierzu einen größeren flächenförmigen Ausschnitt heranzuziehen, wird im Teilschritt e) der Teilschritt d) mit einer wie vorstehend charakterisierten vorgewählten Anzahl weiterer Reihen von Bildelementen wiederholt, die im wesentlichen parallel zu der ersten vorgegebenen Reihe verlaufen. Ein paralleler Verlauf der Reihen ist dann vorzuziehen, wenn der zu analysierende Bildausschnitt rechteckig und insbesondere quadratisch ist. In der Regel wird dies bevorzugt sein. Wenn die Blickrichtung der Kamera jedoch nicht zumindest weitgehend senkrecht zur aufzunehmenden Oberfläche bzw. zur Achse des aufzunehmenden Sprühstrahls liegt, enthält das aufgenommene Bild eine perspektivische Verzerrung. In diesem Fall kann es vorzuziehen sein, den zu analysierenden Bildausschnitt und auch die einzelnen Bildelemente nicht rechteckig, sondern trapezförmig so zu wählen, daß jedes Bildelement der gleichen Fläche des aufgenommenen Gegenstandes bzw. Raumausschnittes entspricht. In solchen Fällen laufen die Reihen der Bildelemente nicht zwangsläufig parallel, sondern können einen (kleinen) Winkel miteinander bilden, der die perspektivische Verzerrung des abgebildeten Ausschnitts der Fläche bzw. des Sprühstrahls wiedergibt.

Bei dieser Analyse des Bildes entlang im wesentlichen paralleler Reihen von Bildelementen würde eine linien- oder flächenförmige Störung nicht erkannt werden, die bzw. deren Kante zufällig annähernd parallel zu den gewählten Reihen der Bildelemente verläuft. Um diese Gefahr auszuschließen wird vorgeschlagen,

den Bildausschnitt zumindest auch entlang einer oder vorzugsweise mehrerer Reihen von Bildelementen zu analysieren (d. h. die Differenzen der Helligkeitswerte benachbarter Bildelemente festzustellen), die zur ersten vorgewählten Reihe von Bildelementen einen Winkel vorzugsweise im Bereich von etwa 60 bis etwa 120° und insbesondere im Bereich von etwa 90° bilden. Hierdurch werden besonders starke Differenzen von Helligkeitswerten zwischen benachbarten Bildelementen entlang unterschiedlicher Richtungen auf der Fläche erkannt, wodurch das Beurteilungsverfahren sicherer wird.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann beispielsweise dafür eingesetzt werden, daß man die Verteilung von Strukturen auf einer Metall- oder Kunststoffoberfläche kontrolliert. Vorzugsweise wählt man hierfür einen möglichst ebenen Ausschnitt aus der Oberfläche, der wiederum aus einer möglichst senkrechten Blickrichtung aufgenommen wird. Wie weiter oben bereits erläutert, kann man die Auswertung einer gekrümmten Fläche oder einer schrägen Blickrichtung dadurch anpassen, daß man bei der Wahl der einzelnen Bildelemente die perspektivische Sicht bereits berücksichtigt. Man wählt also in diesen Fällen die Größe der einzelnen Bildelemente vorzugsweise derart, daß jedes Bildelement eine im wesentlichen gleich große Fläche des aufgenommenen Objekts repräsentiert. Weiterhin kann es bei einer gekrümmten Fläche vorteilhaft sein, die vorstehend beschriebene Beleuchtungskorrektur anzuwenden. Auf jeden Fall ist es empfehlenswert, Blickrichtung und/oder Beleuchtung so einzurichten, daß ein Schattenwurf im zu beurteilenden Bildausschnitt vermieden wird.

Beispielsweise kann das Verfahren zur Kontrolle einer Metall- oder Kunststoffoberfläche herangezogen werden, bei der man den Erfolg einer Reinigung und/oder Hydrophilierung kontrolliert. Eine erfolgreiche Reinigung und/oder Hydrophilierung ist daran erkennbar, daß die Oberfläche nach dem Verlassen der Behandlungszone mit einem gleichmäßigen Flüssigkeitsfilm überzogen ist. Ungenügend gereinigte und/oder hydrophilierte Stellen machen sich

demgegenüber dadurch bemerkbar, daß der Wasserfilm aufbricht und zu Tropfen bzw. Wasserlachen zusammenläuft. Auf dem aufgenommenen Bild der Oberfläche können diese wiederum bei entsprechender Beleuchtung durch ihre vom gleichmäßigen Untergrund abweichenden Helligkeitswerte erkannt werden. Durch die erfindungsgemäße Differenzbildung zwischen den Helligkeitswerten benachbarter Bildelemente sind diese Stellen identifizierbar.

Bei der zu kontrollierenden Fläche kann es sich weiterhin um eine Metall- oder Kunststoffoberfläche handeln, die einer chemischen Behandlung (beispielsweise einer Reinigung oder einer „Konversionsbehandlung“, die die chemische Natur der Oberfläche ändert) oder einer Beschichtung unterzogen wurde. Beispielsweise kann es sich um eine Metalloberfläche handeln, die einer chemischen Behandlung in Form einer Chromatierung, einer Behandlung mit einer sauren Lösung einfacher und/oder komplexer Fluoride, einer Behandlung mit einer Lösung von Übergangsmetallverbindungen oder einer schichtbildenden oder nichtschichtbildenden Phosphatierung unterzogen wurde. Derartige Behandlungsschritte sind für eine Korrosionsschutzbehandlung - ggf. vor einer anschließenden Lackierung - technisch wichtiger Metalloberflächen wie beispielsweise Oberflächen von Eisen, Stahl, verzinktem oder legierungsverzinktem Stahl oder von Aluminium und dessen Legierungen gut bekannt. Solche Prozesse werden in der metallerzeugenden Industrie wie beispielsweise der Stahlindustrie oder in der metallverarbeitenden Industrie wie beispielsweise im Fahrzeugbau oder in der Haushaltsgeräteindustrie routinemäßig zur Verbesserung des Korrosionsschutzes eingesetzt. Ein spezielles Anwendungsgebiet für das erfindungsgemäße Verfahren ist die Beurteilung der Qualität einer schichtbildenden Phosphatierung im Fahrzeugbau. Hierbei machen sich Qualitätsmängel durch Störungen der Gleichförmigkeit der Phosphatschicht bemerkbar. Diese Störungen können zum einen im wesentlichen punktförmig sein wie beispielsweise die sogenannten „Phosphatierstippen“. Die Störungen können jedoch auch flächig ausgedehnt sein und beispielsweise in unphosphatierten oder weniger dicht

phosphatierten Metallstellen bestehen. Für dieses spezielle Anwendungsgebiet wählt man vorzugsweise einen Ausschnitt der Oberfläche, der etwa eine Größe von 10 x 10 cm hat. Man zerlegt dieses Bild in so viele Bildelemente, daß die etwa 0,5 bis etwa 2 mm ausgedehnten Phosphatierstippen noch als einzelne Störung erkennbar sind.

Weiterhin kann das Verfahren zur Kontrolle einer Metall- oder Kunststoffoberfläche herangezogen werden, die einer Beschichtung mit vernetzbaren organischen Substanzen unterzogen wurde. Ein typisches Beispiel hierfür ist eine Lackierung, die beispielsweise in Form einer Elektrotauchlackierung, aber auch durch Eintauchen in ein Lackbad oder durch Besprühen mit dem Lack vorgenommen werden kann. Üblicherweise werden derartige Lacke nach dem Auftragen durch Erhitzen, durch Bestrahlen mit Infrarotstrahlung oder auch photochemisch ausgehärtet, wobei entsprechend reaktive Moleküle sich untereinander verbinden und hierdurch vernetzen. Derartige Lackschichten können unterschiedliche Störungen aufweisen. Dabei kann es sich beispielsweise um eher punktförmige Störungen wie beispielsweise Blasen oder Krater in der Lackschicht oder auch um eingelagerte Staub- oder Schmutzpartikel handeln, die sich als Ausbeulung der Lackschicht bemerkbar machen. Da bei entsprechender Beleuchtung derartige Störungen das Licht anders reflektieren als die ungestörte Lackschicht und sich auf diese Weise in dem Bild der Lackschicht als Stellen anderer Helligkeit bemerkbar machen, können sie nach dem erfindungsgemäßen Verfahren als herausragende Differenzwerte der Helligkeiten benachbarter Bildelemente erkannt werden. Es kann sich jedoch auch um eher flächenförmige Störungen handeln, die sich durch die weiter oben beschriebene systematische Verteilung herausragender Differenzwerte der Helligkeiten in den einzelnen Reihen der Bildelemente bemerkbar machen.

Für das erfindungsgemäße Verfahren genügt es prinzipiell, ein Bild der zu kontrollierenden Oberfläche nach dem zu kontrollierenden Arbeitsschritt

(Reinigung, chemischer Behandlung, Beschichtung) aufzunehmen und dieses Bild zu analysieren. Bei Vorgängen, die die Oberfläche nur wenig verändern (Reinigung, Konversionsbehandlung unter Ausbildung von Schichten im Sub-Mikrometer-Bereich) kann die Helligkeitsverteilung des Bildes vornehmlich durch die Struktur der Metalloberfläche selbst geprägt werden. Beispielsweise kann dies bei schmelztauchverzinktem Stahl der Fall sein, wo die Helligkeitsverteilung der Metalloberfläche stark durch die kristalline Struktur der Zinkschicht beeinflusst wird. In derartigen Fällen kann es zur Verbesserung der Aussage des erfindungsgemäßen Verfahrens empfehlenswert sein, die Struktur des Untergrundes vor der eigentlichen Bildanalyse rechnerisch zu entfernen. Hierzu vergleicht man das Bild der Oberfläche vor dem zu kontrollierenden Arbeitsschritt mit dem Bild des selben Flächenausschnittes nach diesem Arbeitsschritt. Hierbei geht man so vor, daß man von zumindest annähernd der gleichen Stelle der Metall- oder Kunststoffoberfläche ein erstes Bild vor und ein zweites Bild nach der chemischen Behandlung oder der Beschichtung gemäß Teilschritt a) erzeugt, vor oder nach Durchführung der Teilschritte b) und c) für das zweite Bild die beiden Bilder rechnerisch zumindest angenähert dadurch zur Deckung bringt, daß man charakteristische Stellen der Metall- oder Kunststoffoberfläche sucht, die auf beiden Bildern zu erkennen sind, diese charakteristischen Stellen auf beiden Bildern zumindest angenähert zur Deckung bringt und anschließend die Helligkeitswerte der Bildpunkte oder die mittleren Helligkeitswerte der Bildelemente in dem ersten Bild von den Helligkeitswerten der entsprechenden Bildpunkte oder Bildelemente in dem zweiten Bild abzieht, bevor man mit dem zweiten Bild die Teilschritte d) und erwünschtenfalls e) durchführt.

Hierfür ist es erforderlich, daß man die beiden Bilder zumindest so weit zur Deckung bringt, daß sich entsprechende Bildelemente auf beiden Bildern zumindest weitgehend überlappen. Es ist jedoch in der Regel nicht erforderlich, daß sich die beiden Bilder so exakt überdecken, daß jeder Bildpunkt des einen Bildes auf den entsprechenden Bildpunkt des anderen Bildes zu liegen kommt. Je nach Größe der

Bildelemente sind also Abweichungen der Größenordnung Millimeterbruchteile bis zu mehreren Millimetern tolerierbar. Als charakteristische Stellen, die zur rechnerischen Überlagerung der beiden Bilder herangezogen werden können, eignen sich beispielsweise durch Biegen oder Falzen erzeugte Ecken oder Kanten oder auch kleinflächige Fügestellen wie beispielsweise Schweißpunkte.

Alternativ könnte man beide Bilder dadurch rechnerisch zur Deckung bringen, daß man das eine Bild so lange relativ zum anderen Bild verschiebt, bis die Quadrate der Differenzen der Helligkeitswerte der jeweils übereinander geschobenen Bildausschnitte minimal werden. Dieses Verfahren ist jedoch stark rechenintensiv und dadurch für eine rasche Qualitätskontrolle weniger geeignet.

Das Verfahren kann beispielsweise zur Qualitätskontrolle von Reinigungsprozessen, von chemischen Konversionsverfahren und von Beschichtungsprozessen eingesetzt werden. Dabei kann beispielsweise festgelegt werden, welcher Bereich der Differenzwerte der Helligkeiten benachbarter Bildelemente als Normbereich angesehen wird. Ein Bereich größerer Differenzwerte kann als Kontrollbereich definiert werden. Hierbei ist es tolerierbar, wenn die Differenzen der Helligkeitswerte benachbarter Bildelemente pro Bild bis zu n mal in diesem Kontrollbereich liegen dürfen, wobei n eine vorzugebende Zahl >1 bedeutet. Wenn mehr als n Differenzwerte ermittelt werden, die im Kontrollbereich liegen, oder wenn mindestens ein Differenzwert den Kontrollbereich überschreitet, kann automatisch eine der folgenden Aktionen ausgelöst werden:

- i) Ausgeben einer Warnmeldung lokal oder an einen entfernten Ort;
- ii) Start einer Überprüfung mindestens eines der Behandlungs- oder Beschichtungsmittel, mit denen die Metall- oder Kunststoffoberfläche vor dem Teilschritt a) in Kontakt gekommen ist;

- iii) Abschalten der Anlage, die die Reinigung und/oder Hydrophilierung, die chemische Behandlung oder die Beschichtung ausführt.

Selbstverständlich können auch beide Maßnahmen i) und ii) oder i) und iii) gleichzeitig ausgelöst werden. Weiterhin wird es in dem erfindungsgemäßen Verfahren vorzugsweise vorgesehen, daß die Zahl der Differenzwerte zwischen den Helligkeitswerten benachbarter Bildelemente, die im Normbereich, die im Kontrollbereich und die außerhalb des Kontrollbereichs liegen, kontinuierlich auf einen Datenträger aufgezeichnet werden. Vorzugsweise erfolgt die Aufzeichnung derart, daß die Differenzwerte dem behandelten Gegenstand, bei dem sie festgestellt wurden, zuordenbar bleiben. Hierfür kann beispielsweise ein maschinell lesbarer Strichcode verwendet werden. Bei dem behandelten Gegenstand kann es sich dabei beispielsweise um einen Stahlcoil bzw. um einen Abschnitt hiervon oder im Falle des Fahrzeugbaus um ein bestimmtes Fahrzeug handeln. Hierdurch ist es möglich, automatisch Aufzeichnungen zu führen und zu archivieren, die für eine Qualitätskontrolle und Qualitätssicherung erforderlich sind.

Weiterhin kann vorgesehen werden, daß im Zuge des erfindungsgemäßen Verfahrens Trends im Gang der Differenzwerte zwischen den Helligkeiten benachbarter Bildelemente erkannt werden. Beispielsweise kann die Tatsache, daß der dem erfindungsgemäßen Verfahren vorausgehende Behandlungsschritt (Reinigung, Konversionsbehandlung, Beschichtung etc.) zunehmend an Qualität verliert, dadurch erkannt werden, daß von Bild zu Bild, z. B. von Fahrzeugkarosse zu Fahrzeugkarosse immer mehr Differenzwerte außerhalb des Normbereichs liegen. Wird ein derartiges Verhalten festgestellt, kann vorgesehen werden, daß das Steuersystem für das erfindungsgemäße Verfahren eine Warnmeldung lokal und/oder an einen entfernten Ort ausgibt.

Wenn im Rahmen dieser Offenbarung von der lokalen Ausgabe einer Warnmeldung die Rede ist, so ist damit gemeint, daß diese Warnmeldung innerhalb des Betriebes

ausgegeben wird, in dem das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt wird. Mit einem „entfernten Ort“ ist dagegen ein Ort außerhalb des Betriebes gemeint, in dem das erfindungsgemäße Verfahren durchgeführt wird. Durch die Ausgabe an einem entfernten Ort ist es möglich, diejenigen Behandlungsschritte, die mit Hilfe des erfindungsgemäßen Verfahrens kontrolliert werden sollen, von einem Ort außerhalb der zugehörigen Betriebsstätte zu kontrollieren und zu überwachen. Beispielsweise kann dieser entfernte Ort beim Hersteller der Chemikalien liegen, die für die zu kontrollierenden Oberflächenbehandlungsschritte eingesetzt werden. Auf diese

Weise ist der Hersteller der Behandlungskemikalien laufend darüber informiert, ob die entsprechenden Behandlungsschritte beim Anwender dieser Chemikalien normgemäß ablaufen.

Ist die maximal zulässige Anzahl von Differenzwerten im Kontrollbereich für die Differenzen der Helligkeitswerte benachbarter Bildelemente überschritten oder werden Differenzen festgestellt, die außerhalb des Kontrollbereichs liegen, kann das Computersystem (Steuersystem), das das erfindungsgemäße Verfahren durchführt, gemäß Alternative ii) eine Überprüfung von mindestens einem der Behandlungs- oder Beschichtungsmittel veranlassen, mit denen die Metall- oder Kunststoffoberfläche vor dem Teilschritt a) in Kontakt gekommen ist. Dies kann auch automatisch veranlaßt werden, wenn das Steuersystem für das erfindungsgemäße Verfahren feststellt, daß die Zahl der Differenzwerte, die im Kontrollbereich liegen, um ein vorgegebenes Maß zunimmt.

Dabei kann noch berücksichtigt werden, ob eine größere Anzahl herausragender Differenzwerte zwischen den Helligkeitswerten benachbarter Bildelemente voneinander unabhängig sind und wahrscheinlich viele punktförmige Störstellen darstellen, oder ob diese herausragenden Differenzwerte auf einer Linie liegen oder eine Fläche umschreiben und daher zu einer einzigen, aber ausgedehnten Störstelle gehören. Je nach Ergebnis einer derartigen Analyse können unterschiedliche

Maßnahmen vorgesehen werden. Beispielsweise könnte eine Störungslinie noch tolerierbar sein, mehrere punktförmige Defekte jedoch nicht.

Setzt man das erfindungsgemäße Verfahren beispielsweise zur Qualitätskontrolle für eine schichtbildende Phosphatierung von Metalloberflächen ein, kann als Maßnahme ii) vorgesehen werden, vorgegebene Parameter des Phosphatierbades oder diesem vorgeschalteter Behandlungsbäder wie beispielsweise Reinigungs- oder Aktivierbäder zu überprüfen. Beispielsweise kann eine automatische Analyse vorzugebender Parameter des Phosphatierbades, des Aktivierbades oder der Reinigungsbäder gestartet werden. Für Reinigungsbäder kann beispielsweise einer oder mehrerer der folgenden Parameter automatisch analysiert werden: Alkalität, Tensidgehalt und/oder Fettbelastung des Reinigungsbades. Hierzu können automatisch ablaufende Analyseverfahren angestoßen werden, wie sie beispielsweise in den deutschen Patentanmeldungen 198 02 725, 198 14 500 und 198 20 800 beschrieben sind. Im Zusammenhang mit diesen Badkontrollmaßnahmen kann wiederum vorgesehen sein, daß bei einer festgestellten Abweichung der Badparameter von den Sollwerten automatisch Korrekturmaßnahmen eingeleitet werden.

Durch die Kombination des erfindungsgemäßen Kontrollverfahrens mit einer bei festgestellten Abweichungen vom Steuersystem gestarteten Analyse der vorgeschalteten Behandlungsbäder, die wiederum ggf. automatisch Korrekturmaßnahmen für die Zusammensetzung der Behandlungsbäder zur Folge hat, ist es möglich, den Erfolg einer Oberflächenbehandlung automatisch und kontinuierlich sicherzustellen, ohne daß es hierzu eines menschlichen Eingreifens bedarf. Hierbei ist es empfehlenswert, die Ergebnisse des erfindungsgemäßen Kontrollverfahrens sowie der bei Abweichung veranlaßten Analysen- und Korrekturmaßnahmen für eine spätere Auswertung zu speichern.

Als schwerwiegendste Maßnahme (iii) kann vorgesehen werden, daß das Steuersystem die gesamte Anlage automatisch abschaltet, wenn die Anzahl der Differenzwerte zwischen den Helligkeiten benachbarter Bildelemente im und/oder außerhalb des Kontrollbereichs eine vorgegebene Anzahl überschreitet. Dabei ist es selbstverständlich vorzuziehen, daß das System lokal und/oder an einem entfernten Ort eine entsprechende Meldung ausgibt, damit möglichst rasch vom Bedienungspersonal der Anlage manuell eingegriffen und die vorliegende Störung behoben werden kann.

Das erfindungsgemäße Verfahren kann weiterhin dafür verwendet werden, die Verteilung von Partikeln in einem Partikelstrahl zu kontrollieren, in dem zumindest ein Bild eines durch Versprühen durch eine oder mehrere Düsen erzeugten Partikelstrahles kontrolliert wird. Hierbei nimmt man zweckmäßigerweise das Bild im wesentlichen senkrecht zur Sprühachse auf, um größere perspektivische Verzerrungen zu vermeiden. Wie weiter oben erläutert, können geringfügige perspektivische Verzerrungen dadurch kompensiert werden, daß man das Bild so in Bildelemente aufteilt, daß jedes Bildelement einen gleich großen Ausschnitt des Sprühstrahls und/oder des ihn umgebenden Raumes umfaßt.

Insbesondere bei einem fächerartigen Sprühstrahl kann es genügen, ein einziges Bild des Sprühstrahls aufzuzeichnen, das möglichst senkrecht zur Fächerebene aufgenommen wird. Bei einem kegelförmigen Sprühstrahl kann es dagegen vorzuziehen sein, mehrere Bilder des Sprühstrahls aufzuzeichnen, die aus unterschiedlichen Blickrichtungen aufgenommen werden. Dies bedeutet, daß man in diesem Fall die Teilschritte a) bis e) des erfindungsgemäßen Verfahrens einmal oder mehrmals mit Bildern wiederholt, deren Bildebenen (und damit deren Ebenennormalen) vorgegebene Winkel untereinander bilden. Bei einem im wesentlichen kegelförmigen Sprühstrahl kann es dabei ausreichen, das erfindungsgemäße Verfahren anhand von 2 Bildern durchzuführen, deren Bildebenen aufeinander im wesentlichen senkrecht stehen.

Dabei kann es sich beispielsweise um einen Partikelstrahl handeln, dessen Partikel aus Tröpfchen einer Lösung oder einer Suspension bestehen, die im Partikelstrahl zu festen Partikeln getrocknet werden. Oder es handelt sich um Tröpfchen einer Schmelze, die im Partikelstrahl zu festen Partikeln erstarren. Der erste Fall beschreibt ein typisches Sprühtrocknungsverfahren, bei dem eine Lösung oder eine Suspension eines Wertstoffes in ein Vakuum und/oder in eine Zone erhöhter Temperatur versprüht wird, wobei das Lösungsmittel bzw. das Suspensionsmittel verdampft. Hierdurch werden die Wertstoffe in Pulverform gewonnen. Derartige Verfahren werden in unterschiedlichen Industrien eingesetzt. Beispielsweise genannt sei die Verwendung in der Nahrungsmittelindustrie, wo Nahrungs- oder Genußmittelpulver auf diese Weise hergestellt werden. Beispiele sind Milch- und Kaffeepulver. Weiterhin sind derartige Sprühtrocknungsverfahren beispielsweise in der Waschmittelindustrie üblich, um Waschmittelwirkstoffe in Pulverform zu erhalten.

Das erfindungsgemäße Verfahren erlaubt die Kontrolle, ob die Sprüheinrichtung normgemäß arbeitet, ob durch Verschleißerscheinungen an den Düsen die räumliche Verteilung des Sprühstrahls außerhalb des Normbereichs gerät oder ob durch Verstopfung einzelner Düsen einer Düsenansammlung Inhomogenitäten im Sprühstrahl auftreten. Es kann also kontrolliert werden, ob der Sprühprozeß optimal verläuft oder ob durch Störungen ein verringerter Durchsatz zu befürchten ist.

Weiterhin kann es sich bei den Partikeln des Sprühstrahls um Tröpfchen einer Lösung, Suspension oder Schmelze handeln, die auf eine Oberfläche aufgesprüht werden, um auf dieser Oberfläche eine Beschichtung zu erzeugen. Flüssige Lacke oder Lackdispersionen sind ein Beispiel hierfür. Es kann sich jedoch auch um feste Partikel handeln, mit denen eine Oberfläche beschichtet wird. Ein Beispiel hierfür ist eine Pulverlackierung. In beiden Fällen führen Ungleichmäßigkeiten im

Sprühstrahl zu einer ungleichmäßigen Beschichtung der Oberfläche und damit zu Qualitätsmängeln.

Analog zu den vorstehend beschriebenen Maßnahmen bei der Kontrolle von Behandlungsprozessen von Oberflächen kann auch bei der Kontrolle der Partikelverteilung in einem Sprühstrahl vorgesehen sein, daß automatisch lokal oder an einem entfernten Ort eine Warnmeldung ausgegeben wird, wenn die Differenz der Helligkeitswerte benachbarter Bildelemente innerhalb des Partikelstrahls einen vorgegebenen Betrag übersteigt. Wie festgestellt werden kann, ob Bildelemente innerhalb oder außerhalb des Sprühstrahls liegen, wird nachstehend am Beispiel der Kontrolle des Öffnungswinkels des Sprühstrahls erläutert. Hierdurch ist eine kontinuierliche und automatische Kontrolle von Sprühprozessen möglich, ohne daß ein menschliches Eingreifen erforderlich ist.

In einer weiteren Ausführungsform kann das Verfahren eingesetzt werden, um den Öffnungswinkel eines Partikelstrahles zu kontrollieren, der durch Versprühen durch eine oder mehrere Düsen erhalten wird. Dies kann beispielsweise für Sprühtrocknungs- oder Sprüherstarrungsprozesse wichtig sein. Hierfür darf der Sprühstrahl nicht zu wenig auffächern, da sonst das Trocknen bzw. Erstarren nur unzuverlässig erfolgt und die Gefahr besteht, daß Partikel miteinander verklumpen. Andererseits darf der Sprühstrahl nicht zu weit auffächern, da verhindert werden muß, daß noch klebrige bzw. viskose Tröpfchen an die Wand des Sprühturms gelangen und an dieser festkleben. Der Öffnungswinkel des Sprühstrahls ist zwar prinzipiell durch die Anordnung der Düsen vorgegeben, kann sich aber bei Verschleiß bzw. Verkrusten der Düsen verändern. Weiterhin hängt der Öffnungswinkel des Sprühstrahls vom korrekt eingestellten Sprühdruk ab.

Setzt man einen Sprühstrahl zum Beschichten von Oberflächen ein, wie beispielsweise dem Beschichten mit Lack oder mit einem Unterbodenschutz bei Kraftfahrzeugen, muß ebenfalls auf einen korrekten Sprühstrahlwinkel geachtet

werden. Nur bei einem korrekt eingestellten Öffnungswinkel des Sprühstrahls wird die zu beschichtende Oberfläche ausreichend gleichmäßig und mit der korrekten Schichtdicke beschichtet.

Der für die Bestimmung des Sprühstrahlwinkels aufzunehmende Ausschnitt des Sprühstrahls richtet sich in erster Linie nach der Breite des Sprühstrahls. Für die Herstellung von Massenprodukten wie beispielsweise Waschmitteln durch Sprühtrocknung haben die Sprühstrahlen eine beträchtliche Ausdehnung im Bereich von Metern, so daß ein entsprechender Ausschnitt für die Bestimmung des Öffnungswinkels aufgenommen werden muß. Ein Bildausschnitt mit einer Seitenlänge von bis zu 5 m kann hierfür zweckmäßig sein. Bei Sprühstrahlen, die für eine Beschichtung von Oberflächen mit beispielsweise Lack oder Unterbodenschutz eingesetzt werden, genügt in der Regel ein Bildausschnitt im Bereich von einigen Zentimetern bis zu etwa einem Meter Seitenlänge. Bei dem konkreten Beispiel des Auftrages von Unterbodenschutz ist beispielsweise ein Bildausschnitt im Bereich von etwa 10 bis etwa 50 cm Seitenlänge, insbesondere im Bereich von etwa 30 x 30 cm geeignet.

Bei dem erfindungsgemäßen Verfahren zur Kontrolle des Sprühstrahlwinkels geht man vorzugsweise so vor, daß man das Bild in Zeilen zerlegt, die zur Achse des Sprühstrahls senkrecht liegen. Man wählt eine ausreichende Anzahl von Bildelementen in jeder Zeile (im Bereich von etwa 10 bis etwa 200, vorzugsweise etwa 15 bis etwa 100 Bildelemente pro Zeile) und bildet die Differenzen zwischen den Helligkeitswerten benachbarter Bildelemente, von einem Rand des Bildes aus beginnend. Die Differenzen der Helligkeitswerte von Bildelementen, die ausschließlich Hintergrund darstellen, sind bei geeigneter Beleuchtung verhältnismäßig klein. Die Differenz der Helligkeitswerte benachbarter Bildelemente, von denen eines mehrheitlich das Bild des Hintergrundes, das andere mehrheitlich das Bild des Sprühstrahls enthält, wird jedoch einen ungewöhnlich hohen Wert aufweisen. Die Differenzen der Helligkeitswerte benachbarter

Bildelemente, die ausschließlich Sprühstrahl enthalten, werden dagegen wieder verhältnismäßig gering sein (solange der Sprühstrahl nicht allzu inhomogen ist). Im Verlauf der Differenzbildung tastet man sich also vom Hintergrund an den Sprühstrahl heran, bewegt sich über den Sprühstrahl hinweg, bis man wieder in den Bereich des Hintergrundes gelangt. Der letzte starke Differenzwert zwischen den Helligkeiten benachbarter Bildelemente entspricht dann mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit dem Rand des Sprühstrahls. Entlang einer Zeile wird man also zunächst geringe Differenzen der Helligkeitswerte benachbarter Bildelemente feststellen, einen ersten hohen Differenzwert beim Erfassen des einen Rands des Sprühstrahls, geringfügiger schwankende Differenzwerte im Bereich des Sprühstrahls und nochmals einen besonders hohen Differenzwert entsprechend dem anderen Rand des Sprühstrahls. Selbstverständlich setzt dieses Verfahren voraus, daß man den Bildausschnitt so groß wählt, daß auf beiden Seiten neben dem Bild des Sprühstrahls auch Bild des Hintergrundes erfaßt wird. Dies läßt sich automatisch dadurch kontrollieren, daß das Bild zu dem vorstehend beschriebenen Muster von Differenzwerten führen muß.

Hierbei geht man vorzugsweise so vor, daß man mit der Bestimmung der Differenzen der Helligkeitswerte benachbarter Bildelemente in derjenigen Bildzeile beginnt, die dem Sprühkopf am nächsten liegt. Da man dessen Ausdehnung kennt, kann hier am besten sichergestellt werden, daß die Bildzeile in ihrem Mittelbereich ein Bild des Sprühstrahls und in beiden Randbereichen ein Bild des Hintergrundes enthält. Man setzt nun die Auswertung zeilenweise vom Düsenkopf weg fort und kontrolliert hierbei, ob sich in jeder nachfolgenden Zeile die Stellen extremer Differenzen zwischen den Helligkeitswerten benachbarter Bildelemente nach außen verschieben. Dies wird solange der Fall sein, wie eine Bildzeile an ihren beiden Enden Hintergrund und in ihrem Mittelbereich Sprühstrahl umfaßt. Man bricht dieses Verfahren ab, wenn die extremen Differenzen zwischen den Helligkeitswerten benachbarter Bildelemente den Randbereich einer Bildzeile erreichen, da nun die Gefahr besteht, daß die Bildzeile nur noch Sprühstrahl, jedoch

keinen Hintergrund mehr enthält. Die gesuchte Information ist dann in dieser Bildzeile nicht mehr vorhanden.

Aus diesen Beobachtungen läßt sich der Öffnungswinkel des Sprühstrahls ermitteln, indem man durch die Punkte erster großer Differenzwerte zwischen den Helligkeiten benachbarter Bildelemente in den einzelnen Bildzeilen eine Gerade durch mindestens 2 signifikante Punkte, vorzugsweise eine Ausgleichsgerade durch mehrere Punkte legt. Analog legt man durch die Punkte der jeweils letzten hohen Differenzwerte der Helligkeiten benachbarter Bildelemente auf den einzelnen Zeilen eine zweite Gerade bzw. Ausgleichsgerade. Der Verlauf der beiden Geraden auf dem Bild läßt sich als Vektor darstellen. Durch Anwendung von Vektoralgebra ist hieraus der Öffnungswinkel des Sprühstrahls berechenbar.

In vielen Fällen genügt es jedoch, den Öffnungswinkel des Sprühstrahls nicht exakt zu ermitteln, sondern zu kontrollieren, ob der Öffnungswinkel mit der Zeit im Sollbereich bleibt. Hierzu kann man der Auswerteeinheit für das erfindungsgemäße Verfahren vorgeben, in welchem Bereich des Bildes die jeweils ersten und letzten hohen Differenzen zwischen den Helligkeitswerten benachbarter Bildelemente auf ausgewählten Bildzeilen liegen müssen. Liegen die gefundenen Extremwerte der Differenzen der Helligkeitswerte weiter innen, hat sich der Öffnungswinkel des Sprühstrahls verkleinert, liegen sie weiter außen, hat sich der Öffnungswinkel vergrößert.

Stellt die Auswerteeinheit für das erfindungsgemäße Verfahren entweder durch Berechnung des Sprühstrahlwinkels beispielsweise mittels Vektorrechnung oder nach dem letztgenannten Verfahren durch Vergleich der Soll-Lagen extremer Differenzwerte auf den einzelnen Bildzeilen mit deren Ist-Lage fest, daß sich der Sprühstrahlwinkel außerhalb eines Toleranzbereiches verändert hat, d. h. einen vorgegebenen Winkelbereich unter- oder überschreitet, kann eine oder mehrere der folgenden Aktionen eingeleitet werden:

- i) Ausgeben einer Warnmeldung;
- ii) Veränderung des Sprühdruckes in diejenige Richtung, die den Öffnungswinkel des Sprühstrahls wieder in den vorgegebenen Winkelbereich bringt;
- iii) Veränderung der Viskosität der Zusammensetzung, aus der der Sprühstrahl erzeugt wird, in diejenige Richtung, die den Öffnungswinkel des Sprühstrahles wieder in den vorgegebenen Winkelbereich bringt;
- iv) Veränderung der elektrischen Ladung der Partikel des Sprühstrahls oder von elektrischen Feldern in der Nähe der Düsen in diejenige Richtung, die den Öffnungswinkel des Sprühstrahles wieder in den vorgegebenen Winkelbereich bringt,
- v) Abschalten des Sprühstrahles.

Als einfachste Maßnahme kann also lokal oder an einem entfernten Ort eine Warnmeldung ausgegeben werden. Dabei kann vorgesehen werden, daß bei geringfügiger Veränderung des Öffnungswinkels des Sprühstrahls zwar eine Warnmeldung ausgegeben, jedoch noch keine weitere Aktion gestartet wird. Erst wenn eine vorzugebende Schwelle der Abweichung des Sprühstrahlwinkels erreicht wird, kann automatisch eine der Aktionen ii) bis iv) ausgelöst werden. Selbstverständlich kann darüber hinaus vorgesehen werden, daß der Sprühprozeß völlig abgebrochen wird, wenn der Sprühstrahlwinkel einen vorzugebenden Grenzwert unter- oder überschreitet.

Dem Steuersystem kann vorgegeben werden, ob der Öffnungswinkel des Sprühstrahls durch Veränderung des Sprühdruckes, durch Veränderung der Viskosität der zu versprühenden Zusammensetzung (beispielsweise durch Änderung der Temperatur der Zusammensetzung im Sprühkopf) oder durch Veränderung von elektrischer Ladung erfolgen soll. Weiterhin kann der Steuereinheit vorgegeben werden, welche Veränderung der Sprühbedingungen zu einer Vergrößerung oder Verkleinerung des Sprühstrahlwinkels führen sollte. Das Steuersystem kann jedoch

auch so ausgelegt werden, daß es selbst lernt, welche Maßnahme den Öffnungswinkel des Sprühstrahls mit der größten Zuverlässigkeit in den Sollbereich zurückstellt. Hierzu kann das Steuersystem die möglichen Sprühparameter nacheinander beliebig verändern und jeweils durch die Analyse des Bildes des Sprühstrahls analysieren, welche Folge diese Maßnahme auf den Öffnungswinkel des Sprühstrahls hat.

Hierbei kann weiterhin vorgesehen werden, daß das Steuersystem in Fällen, in denen eine Veränderung der Sprühparameter nicht zu dem erwünschten Erfolg führt, eine Alarmmeldung (lokal und/oder an einem entfernten Ort) ausgibt und gleichzeitig eine mögliche Maßnahme vorschlägt. Mögliche Maßnahmenvorschläge können beispielsweise im Reinigen oder Auswechseln von Düsen bestehen. Zusätzlich sieht man vorzugsweise vor, daß das Steuersystem in solchen Fällen den Sprühprozeß abschaltet.

Dieses Überwachungsverfahren für den Öffnungswinkel eines Sprühstrahls kann beispielsweise bei der Lackierung von Oberflächen und insbesondere beim Aufbringen von Unterbodenschutz auf Fahrzeuge eingesetzt werden. Als Maßnahme zu Korrektur des Öffnungswinkels des Sprühstrahls bietet sich im Falle des Auftragens von Unterbodenschutz insbesondere an, die Temperatur der aufzutragenden Bodenschutzmasse im Bereich des Sprühkopfes zu variieren. Die hierdurch bewirkte Änderung der Viskosität der Bodenschutzmasse wirkt sich besonders deutlich auf den Öffnungswinkel des Sprühstrahls aus, so daß durch diese Maßnahme leicht eine Korrektur erfolgen kann.

Auch für diese Ausführungsform der Erfindung sieht man vorzugsweise vor, die Ergebnisse der Kontrolle des Öffnungswinkels des Sprühstrahls für eine spätere Auswertung und/oder für eine Qualitätskontrolle zu speichern. Dabei hält man vorzugsweise die Korrelation des zu einem bestimmten Zeitpunkt ermittelten

Öffnungswinkels mit diesem Zeitpunkt und/oder mit dem zu diesem Zeitpunkt beschichteten Objekt fest.

Ausführungsbeispiele

Beispiel 1:

Kontrolle der Homogenität einer Zinkphosphatschicht auf einem Stahlblech

Abbildung 1 zeigt in der oberen Hälfte das Videobild eines mit einer Zinkphosphatierung schichtbildend phosphatierten Stahlblechs. Im unteren Bild wurde die Phosphatschicht willkürlich beschädigt, um Phosphatierfehler zu simulieren. Das eingezeichnete Raster stellt jeweils die Aufteilung in einzelne Bildelemente dar, für die die Differenzen der mittleren Helligkeitswerte erfindungsgemäß ermittelt werden sollen.

Der Bildausschnitt hat jeweils eine Größe von etwa 11 x 8 cm.

Abbildung 2 stellt das Ergebnis der Differenzermittlung der mittleren Helligkeitswerte benachbarter Bildelemente jeweils entlang einer in der Abbildung waagrecht liegenden Zeile dar. Dabei entspricht das Diagramm der oberen Bildhälfte dem unbeschädigten phosphatierten Blech in der oberen Bildhälfte der Abb. 1, das Diagramm in der unteren Bildhälfte der Abbildung der beschädigten Phosphatschicht in der unten Hälfte von Abb. 1. Die Differenzen der Helligkeitswerte benachbarter Bildelemente entlang waagrechtter Zeilen in Abb. 1 sind als waagrechte Linien in Abb. 2 wiedergegeben. Die einzelnen waagrechten Zeilen der Bildelemente in Abb. 1 entsprechen den einzelnen Zeilen in Abb. 2.

In der oberen Hälfte von Abb. 2 wird deutlich, daß bei einem fehlerfrei und gleichmäßig phosphatierten Blech nur geringe Differenzen der mittleren Helligkeitswerte benachbarter Bildelemente auftreten. Demgegenüber führen die Störungen der Phosphatschicht in der unteren Hälfte von Abb. 1 zu stärkeren Differenzen von Helligkeitswerten benachbarter Bildelemente, wie in der unteren Hälfte von Abb. 2 zum Ausdruck kommt. Phosphatierfehler können demnach dadurch automatisch erkannt werden, daß die Differenzen der Helligkeitswerte benachbarter Bildelemente einen vorzuwählenden Mindestbetrag überschreiten. Gleichzeitig zeigt die untere Hälfte von Abb. 2, daß Ausdehnung und Ort des Phosphatierfehlers erkannt werden können.

Beispiel 2:

Kontrolle des Öffnungswinkels eines Sprühstrahls zum Auftragen von Unterbodenschutz

Abb. 3 zeigt in der unteren Bildhälfte das Videobild eines Sprühstrahls zum Auftragen von Unterbodenschutz auf eine Fahrzeugkarosserie. Die Videoaufnahme wurde optisch gefiltert, um Grenzen des Sprühstrahls und dessen Inhomogenitäten deutlicher erkennbar zu machen. Das Gitter gibt die gewählten Bildelemente wieder, wobei der gesamte Bildausschnitt eine Größe von etwa 16 x 12 cm hat. Die obere Hälfte der Abbildung zeigt das Ergebnis der Bestimmung der Differenzen der mittleren Helligkeitswerte benachbarter Bildelemente jeweils längs einer waagrecht liegenden Zeile. Übereinander liegende Zeilen in der oberen Bildhälfte entsprechen den übereinander liegenden Reihen von Bildelementen der unteren Hälfte der Abbildung. Die äußere Begrenzung des Sprühstrahls sowie Inhomogenitäten innerhalb des Sprühstrahls sind durch besonders starke Differenzen der Helligkeitswerte benachbarter Bildelemente erkennbar.

Zum einen kann hierdurch die Homogenität des Sprühstrahls beurteilt werden. Weiterhin kann kontrolliert werden, ob sich der Öffnungswinkel des Sprühstrahls mit der Zeit ändert. Hierdurch vergleicht man zu unterschiedlichen Zeiten aufgenommene Videoaufnahmen miteinander und prüft, ob der Rand des Sprühstrahls auf den einzelnen Aufnahmen jeweils in entsprechende Bildelemente fällt.

Der Sprühstrahlwinkel kann jedoch aus der Darstellung der Differenzen der Helligkeitswerte benachbarter Bildelemente gemäß der oberen Hälfte von Abb. 3 direkt ermittelt werden. Hierdurch kann nach folgendem Algorithmus verfahren werden: Sind die oben beschriebenen Begrenzungsgeraden des Sprühstrahls durch die beiden Geradengleichungen

$$y = a \cdot x + b \text{ und } y = c \cdot x + d$$

gegeben, so ergibt sich der Öffnungswinkel alpha des Sprühstrahls nach der Formel:

$$\cos \alpha = \frac{-(1 + a \cdot c)}{\sqrt{1 + a \cdot a} \cdot \sqrt{1 + c \cdot c}}$$

Dabei steht „sqrt“ für die Quadratwurzelfunktion. Der Bezugspunkt und die Orientierung des für die Geradengleichungen verwendeten Koordinatensystems spielen für die Bestimmung des Öffnungswinkels keine Rolle und können nach praktischen Gesichtspunkten gewählt werden. Es müssen jedoch beide Begrenzungsgeraden im selben Koordinatensystem dargestellt werden und es müssen gleiche Abstände auf der x-Achse und der y-Achse gleichen Längen im Objekt (hier im Sprühstrahl) entsprechen. Üblicherweise wird man das Koordinatensystem so wählen, daß z. B. die x-Achse genau horizontal, die y-Achse vertikal im aufgenommenen Videobild verläuft.

Die Abb. 4 zeigt die Anwendung dieses Verfahrens auf den Sprühstrahl gemäß Abb. 3. Im oberen Teil der Abb. 4 ist schematisch wiedergegeben, an welcher Stelle in den einzelnen Zeilen der Abb. 3 (oben) die jeweils am weitesten außen liegenden großen Differenzen der Helligkeitswerte benachbarter Bildelemente festgestellt werden. Diese entsprechen der Begrenzungslinie des Sprühstrahls. Darunter wird für jede der beiden Begrenzungslinien des Sprühstrahls deren Geradengleichung angegeben und hieraus über Vectoralgebra der Öffnungswinkel des Sprühstrahls errechnet. Er ergibt sich in diesem Beispiel zu 47° .

Verzeichnis der AbbildungenAbb. 1

Videoaufnahmen eines Ausschnitts aus einem mit einer Zinkphosphatierlösung schichtbildend phosphatierten Stahlblech.

oben: Phosphatschicht wie erhalten

unten: Phosphatschicht nachträglich durch Kratzen beschädigt

Größe des Bildausschnitts jeweils etwa 11 x 8 cm.

Abb. 2

Grafische Darstellung der Differenzen der Helligkeitswerte der benachbarten Bildelemente in Abb. 1. Die oberen und unteren Hälften der Abb. entsprechen sich jeweils. Übereinander liegende Zeilen in Abb. 2 entsprechen übereinander liegenden Reihen von Bildelementen in Abb. 1.

Abb. 3

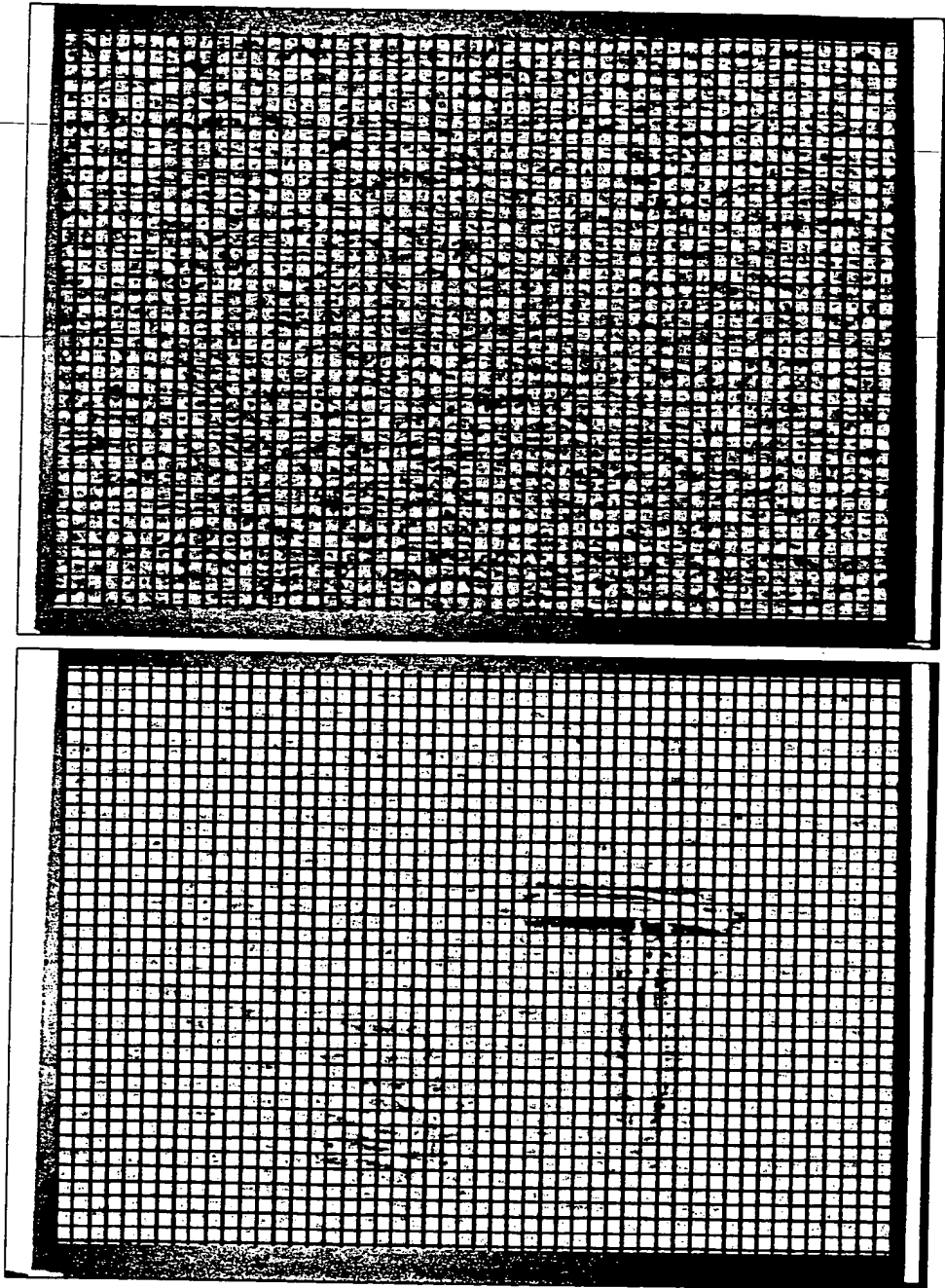
unten: Optisch geglättete Videoaufnahme eines Sprühstrahls zum Auftragen von Unterbodenschutz. Die Größe des Bildausschnitts beträgt etwa 16 x 12 cm.

oben: Zeilenweise aufgetragene Differenzen der Helligkeitswerte benachbarter Bildelemente im unteren Teil der Abbildung. Übereinander liegende Zeilen entsprechen übereinander liegenden Reihen von Bildelementen.

Abb. 4

oben: Schematische Lage der jeweils äußeren signifikanten Differenzwerte benachbarter Bildelemente in Abb. 3, oben, die die Begrenzung des Sprühstrahls andeuten.

unten: Berechnung des Öffnungswinkels des Sprühstrahls



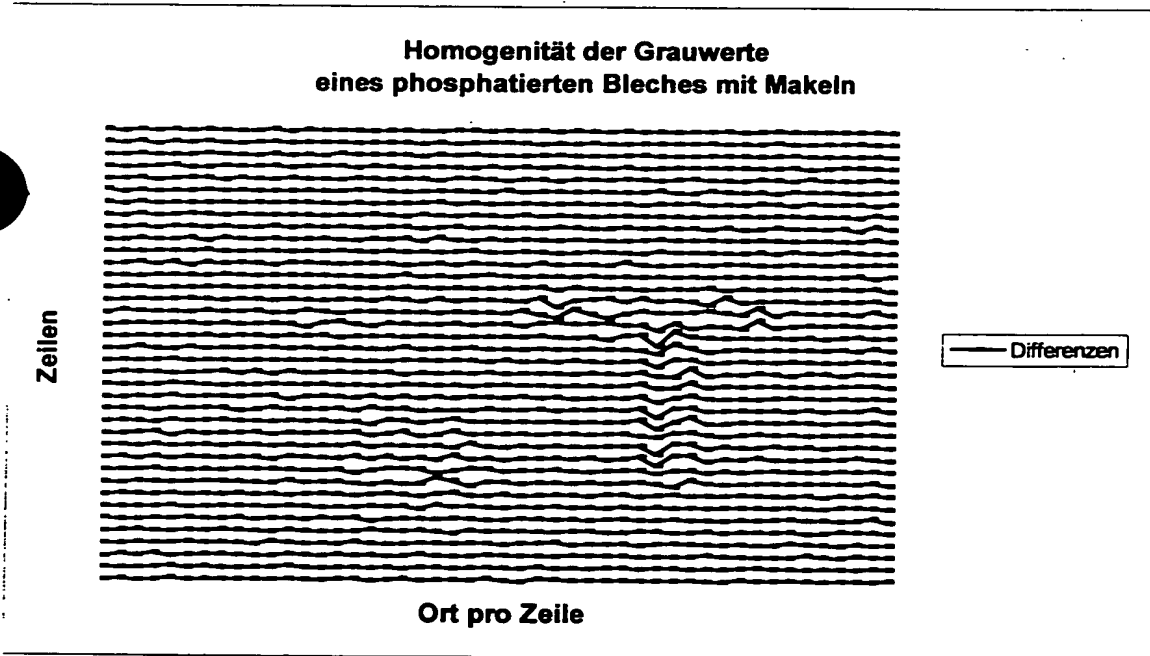
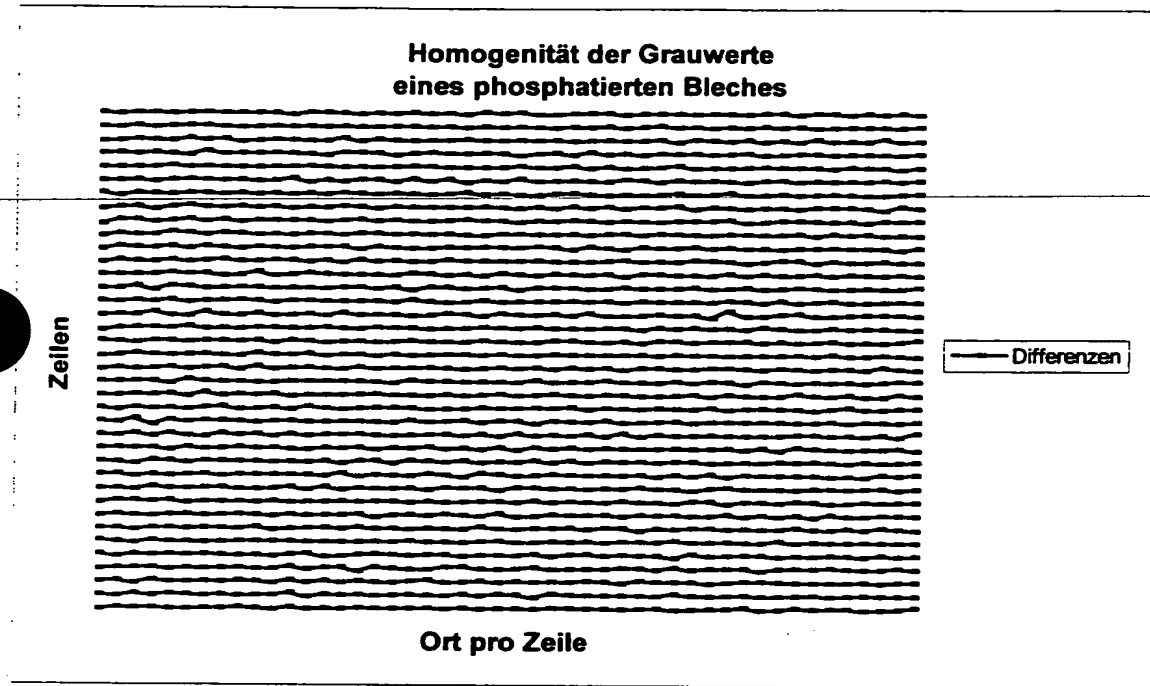


Abb. 3

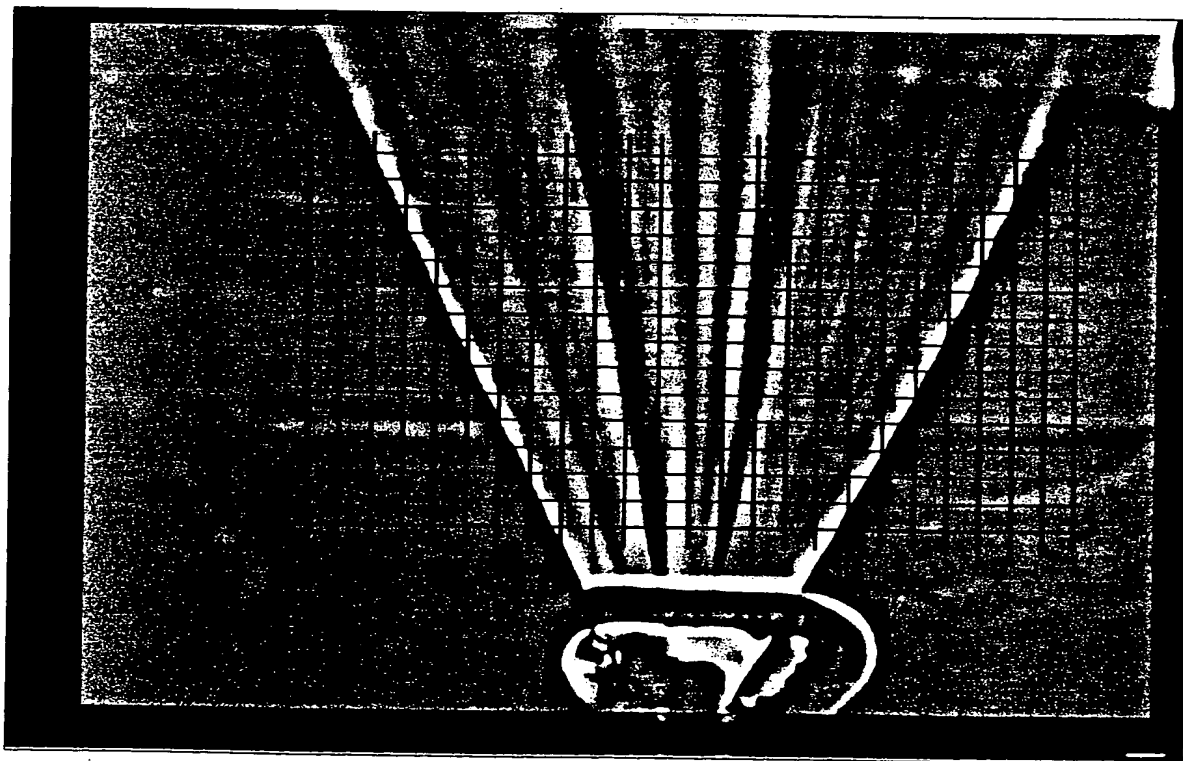
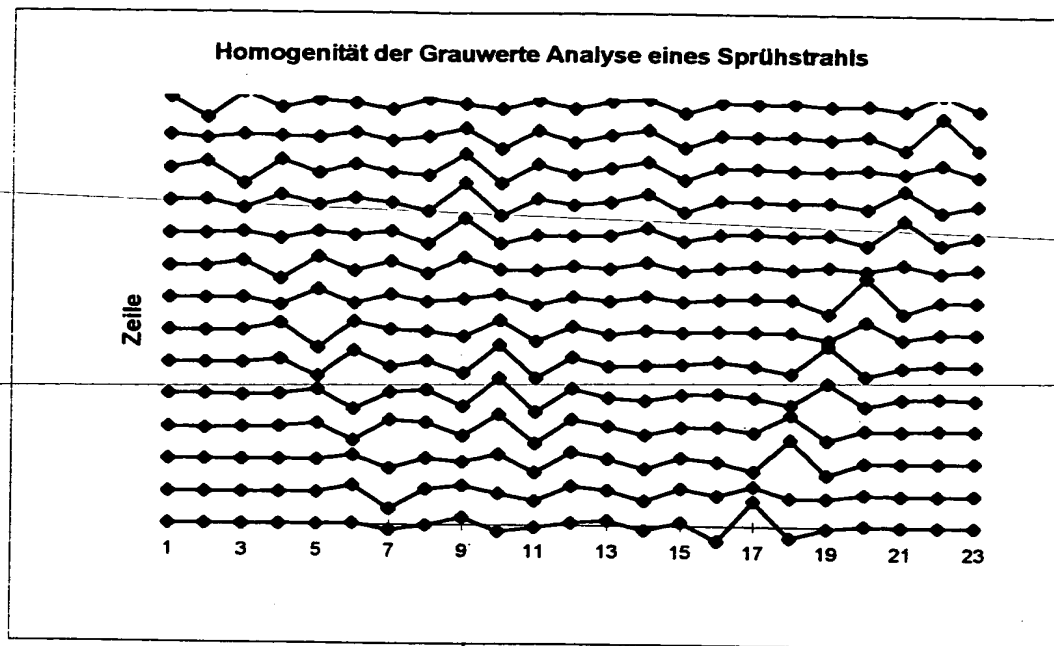
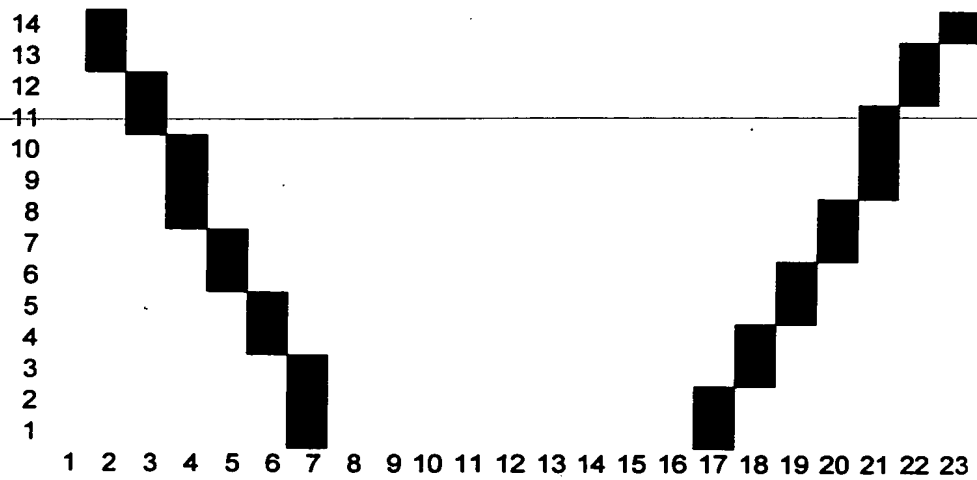


Abb. 4

$$y = a \cdot x + b$$

$$y = c \cdot x + d$$

$$\cos \alpha = \frac{-(1 + a \cdot c)}{\sqrt{1 + a^2} \cdot \sqrt{1 + c^2}}$$

$$y = 18.26 - 2.317 \cdot x$$

$$y = -37.58 + 2.278 \cdot x$$

$$\cos \alpha = \frac{+4.278126}{6.2782}$$

$$\cos \alpha = 0.6814$$

$$\alpha = 47^\circ$$

Patentansprüche

1. Verfahren zur Kontrolle der Verteilung von Strukturen auf einer Oberfläche oder von Partikeln im Raum, dadurch gekennzeichnet, daß man
 - a) mindestens ein zweidimensionales Bild der Verteilung auf optischem oder elektronischem Wege erzeugt, in Bildpunkte zerlegt und den Helligkeitswert jedes Bildpunktes in digitalisierter Form auf einem Datenträger abspeichert,
 - b) das Bild oder einen Bildausschnitt hiervon in eine vorgewählte Anzahl von in Reihen angeordneten Bildelementen aufteilt, wobei jedes Bildelement mindestens vier Bildpunkte umfaßt,
 - c) den mittleren Helligkeitswert jedes Bildelements durch Mittelung der Helligkeitswerte der einzelnen Bildpunkte dieses Bildelements bestimmt,
 - d) entlang einer ersten vorgegebenen Reihe von Bildelementen die Differenz zwischen den mittleren Helligkeitswerten benachbarter Bildelemente bestimmt und derart maschinenlesbar auf einem Datenträger aufzeichnet und/oder als Diagramm ausgibt, daß eine örtliche Korrelation der Differenzwerte zu der Lage der zugehörigen Bildelemente auf dem Bild erhalten wird, und erwünschtenfalls
 - e) den Schritt d) mit einer vorgewählten Anzahl weiterer Reihen von Bildelementen wiederholt, die im wesentlichen parallel zu der ersten vorgegebenen Reihe verlaufen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß man vor der Bestimmung der Differenzen zwischen den mittleren Helligkeitswerten benachbarter Bildelemente eine Beleuchtungskorrektur vornimmt, indem man von den Helligkeitswerten jedes einzelnen Bildpunktes vor Bestimmung der mittleren Helligkeitswerte der Bildelemente oder von den mittleren Helligkeitswerten der einzelnen Bildelemente einen vorgewählten Korrekturwert subtrahiert oder zu diesen Helligkeitswerten einen vorgewählten Korrekturwert addiert, wobei die zu den einzelnen Bildpunkten oder Bildelementen gehörenden

Korrekturwerte eine Fläche über dem Bild oder Bildausschnitt beschreiben.

3. Verfahren nach einem oder beiden der Ansprüche 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, daß man rechteckige oder trapezförmige Bildausschnitte wählt, deren Seitenlängen Längen im realen Raum im Bereich von 1 mm bis 5 m entsprechen
4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß man die Teilschritte d) und e) mit einer zweiten vorgegebenen Reihe von Bildelementen wiederholt, die mit der ersten vorgegebenen Reihe von Bildelementen einen vorgewählten Winkel im Bereich von 60 bis 120° bilden.
5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Verteilung von Strukturen auf einer Metall- oder Kunststoffoberfläche kontrolliert wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß es sich um eine Metall- oder Kunststoffoberfläche handelt, bei der man nach einer vorausgegangenen Reinigung und/oder Hydrophilierung das Auftreten von Wassertropfen kontrolliert.
7. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß es sich um eine Metall- oder Kunststoffoberfläche handelt, die einer chemischen Behandlung oder einer Beschichtung unterzogen wurde.
8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß es sich um eine Metalloberfläche handelt, die einer chemischen Behandlung in Form einer Chromatierung, einer Behandlung mit einer sauren Lösung einfacher und/oder komplexer Fluoride, einer Behandlung mit einer Lösung von

Übergangsmetallverbindungen oder einer schichtbildenden oder nicht schichtbildenden Phosphatierung unterzogen wurde.

9. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß es sich um eine Metall- oder Kunststoffoberfläche handelt, die einer Beschichtung mit vernetzbaren organischen Substanzen unterzogen wurde.

10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 6 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß man von zumindest annähernd der gleichen Stelle der Metall- oder Kunststoffoberfläche ein erstes Bild vor und ein zweites Bild nach der Reinigung und/oder Hydrophilierung, der chemischen Behandlung oder der Beschichtung gemäß Teilschritt a) erzeugt, vor oder nach Durchführung der Teilschritte b) und c) für zumindest das zweite Bild die beiden Bilder rechnerisch dadurch zur Deckung bringt, daß man charakteristische Stellen der Metall- oder Kunststoffoberfläche sucht, die auf beiden Bildern zu erkennen sind, diese charakteristischen Stellen auf beiden Bildern zumindest angenähert zur Deckung bringt und anschließend die Helligkeitswerte der Bildpunkte oder die mittleren Helligkeitswerte der Bildelemente in dem ersten Bild von den Helligkeitswerten der entsprechenden Bildpunkte oder Bildelemente in dem zweiten Bild abzieht, bevor man mit dem zweiten Bild Teilschritt d) und erwünschtenfalls Teilschritt e) durchführt.

11. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 5 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß automatisch eine oder mehrere der folgenden Aktionen eingeleitet wird, wenn die Differenz der Helligkeitswerte benachbarter Bildelemente einen vorgegebenen Betrag mindestens einmal oder mindestens n-mal übersteigt, wobei n eine vorgegebene Zahl bedeutet:

- i) Ausgeben einer Warnmeldung;
- ii) Start einer Überprüfung mindestens eines der Behandlungs- oder

Beschichtungsmitteln, mit denen die Metall- oder Kunststoffoberfläche vor dem Teilschritt a) in Kontakt gekommen ist,

iii) Abschalten der Anlage, die die Reinigung und/oder Hydrophilierung, die chemische Behandlung oder die Beschichtung ausführt.

12. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4 zur Kontrolle der Verteilung von Partikeln in einem Partikelstrahl, dadurch gekennzeichnet, daß zumindest ein Bild eines durch Versprühen durch eine oder mehrere Düsen erzeugten Partikelstrahles kontrolliert wird, das im wesentlichen senkrecht zur Sprühachse aufgenommen wird.

13. Verfahren nach Anspruch 12, dadurch gekennzeichnet, daß man die Teilschritte a) bis e) einmal oder mehrmals mit Bildern wiederholt, deren Bildebenen vorgegebene Winkel miteinander bilden.

14. Verfahren nach einem oder beiden der Ansprüche 12 und 13, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei den Partikeln um Tröpfchen einer Lösung oder einer Suspension handelt, die im Partikelstrahl zu festen Partikeln getrocknet werden, oder um Tröpfchen einer Schmelze, die im Partikelstrahl zu festen Partikeln erstarren.

15. Verfahren nach einem oder beiden der Ansprüche 12 und 13, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei den Partikeln um Tröpfchen einer Lösung, Suspension oder Schmelze handelt, die auf eine Oberfläche aufgesprüht werden, um auf dieser Oberfläche eine Beschichtung zu erzeugen.

16. Verfahren nach einem oder beiden der Ansprüche 12 und 13, dadurch gekennzeichnet, daß es sich bei den Partikeln um feste Partikel handelt, mit denen eine Oberfläche beschichtet wird.

17. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß automatisch eine Warnmeldung ausgegeben wird, wenn die Differenz der Helligkeitswerte benachbarter Bildelemente innerhalb des Partikelstrahls einen vorgegebenen Betrag übersteigt.
18. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 12 bis 16, dadurch gekennzeichnet, daß man den Öffnungswinkel eines Partikelstrahles kontrolliert, der durch Versprühen durch eine oder mehrere Düsen erhalten wird.
19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, daß automatisch eine oder mehrere der folgenden Aktionen eingeleitet wird, wenn der Öffnungswinkel des Sprühstrahles einen vorgegebenen Winkelbereich unter- oder überschreitet:
- i) Ausgeben einer Warnmeldung;
 - ii) Veränderung des Sprühdruckes in diejenige Richtung, die den Öffnungswinkel des Sprühstrahls wieder in den vorgegebenen Winkelbereich bringt;
 - iii) Veränderung der Viskosität der Zusammensetzung, aus der der Sprühstrahl erzeugt wird, in diejenige Richtung, die den Öffnungswinkel des Sprühstrahles wieder in den vorgegebenen Winkelbereich bringt;
 - iv) Veränderung der elektrischen Ladung der Partikel des Sprühstrahls oder von elektrischen Feldern in der Nähe der Düsen in diejenige Richtung, die den Öffnungswinkel des Sprühstrahles wieder in den vorgegebenen Winkelbereich bringt;
 - v) Abschalten des Sprühstrahles.

Zusammenfassung

Verfahren zur Kontrolle der Verteilung von Strukturen auf einer Oberfläche oder von Partikeln im Raum, wobei man, beispielsweise mit Videotechnik, ein optisches zweidimensionales Bild der Verteilung erzeugt, dieses in Bildelemente zerlegt, die mittlere Helligkeit jedes Bildelements bestimmt und entlang vorgewählter Reihen von Bildelementen die Differenzen der Helligkeitswerte benachbarter Bildelemente berechnet. Diese Differenzwerte werden so auf einem Datenträger aufgezeichnet und/oder ausgegeben, daß eine Korrelation der Differenzwerte mit der Lage der Bildelemente auf dem Bild erhalten bleibt. Hieraus läßt sich ermitteln, an welchen Stellen Inhomogenitäten in der Verteilung der Strukturen auf einer Oberfläche oder der Partikel im Raum auftreten. Das Verfahren kann beispielsweise eingesetzt werden zur Beurteilung der Homogenität von Oberflächen, dem Detektieren von Oberflächenfehlern und zur Kontrolle des Öffnungswinkels und der Homogenität eines Sprühstrahls.

THIS PAGE BLANK (USPTO)